

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHUN NƯỚC ÁP LỰC HỖ TRỢ TRONG CÔNG TÁC HẠ CÙ VÁN

ThS. Trần Quang Huy

Tổng Công ty Xây dựng Trung Quốc (CSCEC)

TÓM TẮT: Hệ thống vận hành phun nước áp lực hoạt động đơn giản, gây cản trở không đáng kể đến các thiết bị khác trong quá trình thi công hạ cù, mang lại hiệu quả cao về mặt kinh tế và rút ngắn đáng kể thời gian hạ cù. Báo cáo này tổng hợp những kinh nghiệm thực tế từ các công trình thi công hạ cù ván thép và Bê tông Cốt thép Dự ứng lực (BTCT DUL) để đưa ra những đánh giá ban đầu về tính khả thi khi sử dụng phương pháp và hỗ trợ trong công tác lựa chọn thiết bị. Ngoài ra, báo cáo còn cung cấp những thông số thực nghiệm về áp lực phun và lưu lượng nước cần để thi công hạ cù ở khu vực gần sông rạch Tp. Hồ Chí Minh.

1. NHỮNG NÉT CHÍNH CỦA PHƯƠNG PHÁP

Trong một chừng mực nào đó, thi công cù ván bằng phương pháp đóng, ép hay rung sẽ đạt hiệu quả cao nếu có sự hỗ trợ của công tác phun xói nước (hay phun nước áp lực). Mục đích của việc xói nước là làm giảm sức chịu tải của đất ở mũi cù trong quá trình thi công làm cho quá trình đóng, ép hay rung được dễ dàng hơn mà không gây tác hại xấu đến chất lượng cù, đặc biệt là cù làm bằng bê tông cốt thép.

Cù ván thép hay bê tông đều có thể sử dụng phương pháp phun xói nước. Áp lực nước phun phụ thuộc vào khả năng tạo áp lực của thiết bị bơm tạo áp, đường kính đầu ống phun, chiều dài đoạn cấp nước và điều kiện địa chất khu vực thi công.

Dựa theo áp lực nước phun chia thành hai loại phun nước áp lực thấp từ khoảng 1,5 đến 4 MPa và phương pháp phun nước áp lực cao từ 25 đến 50 MPa.

Hiệu quả của phương pháp phun nước áp lực

- Đối với đất rời mịn đến hạt trung, xói nước làm tăng áp lực nước lỗ rỗng cục bộ làm giảm đi ma sát giữa các hạt đất;
- Đối với đất rời hạt thô, xói nước làm xáo động các hạt đất đá làm giảm đi sức kháng mũi trong quá trình hạ cù;
- Đối với đất dính, xói nước làm giảm lực dính giữa cù và đất (không đạt hiệu quả cao đối với sét quá cứng).

Ưu điểm

- Hỗ trợ đắc lực cho quá trình thi công cù ván bằng phương pháp đóng, rung hoặc ép thủy lực trong đất không dính từ rất rời đến chặt vừa hay trong đất dính không quá cứng.
- Rút ngắn thời gian hạ cù và giảm đi những tác động xấu lên cù do thiết bị thi công hạ cù gây ra (đặc biệt là hiện tượng bở đầu ở cù ván BTCT hay cong vênh ở cù ván thép).
- Ngoài ra, phương pháp này vận hành khá đơn giản và ít gây cản trở đến các thiết bị khác trong quá trình hạ cù.

Nhược điểm

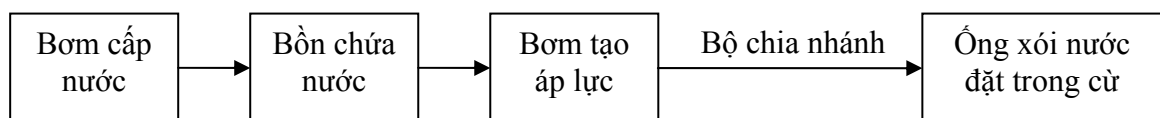
- Phương pháp này không có hiệu quả nhiều với đất dính, đặc biệt là trong nền sét rất cứng.
- Phương pháp xói đất bằng nước áp lực gây ảnh hưởng tới nền móng của các công trình lân cận, cụ thể là làm giảm sức chịu tải do đất bị đẩy rời ra. Do vậy, công trình thi công bằng phương pháp xói nước cần có khoảng cách hợp lý với các công trình hiện hữu lân cận.

2. NGUYÊN LÝ VẬN HÀNH VÀ THIẾT BỊ

Nguyên lý vận hành

Nguyên lý vận hành thiết bị như sau:

- Nước được vận chuyển bằng bơm đưa về bồn chứa, có thể là nước ngầm, nước sông, rạch ...
- Bơm tạo áp sẽ lấy nước từ bồn chứa và cung cấp nước áp lực cho quá trình hạ cừ. Nước sẽ được chia thành nhiều nhánh, số lượng nhánh tùy vào số lượng ống phun lắp đặt trên cừ và khả năng của bộ chia nhánh.
- Nước áp lực sẽ được cung cấp trong suốt quá trình hạ cừ. Áp lực nước được tăng dần khi cừ đi xuống sâu hơn trong đất hoặc có thể giữ nguyên nếu áp lực đó đủ lớn để hạ hết chiều dài cừ. Khi cừ đóng gần đến cao độ thiết kế từ 0,5 đến 1m, tùy thuộc vào điều kiện địa chất và phạm vi ảnh hưởng do xói nước, cần ngưng việc phun nước và chỉ hạ cừ bằng đóng, rung hoặc ép thông thường. Điều này rất cần thiết để sức chịu tải ở mũi cừ đảm bảo và cừ được hạ đúng cao độ thiết kế. Ngược lại, nếu bỏ qua bước này, cừ sẽ không đạt được cao độ thiết kế, bị lún thêm rất nhiều và sức chịu tải của cừ không đạt yêu cầu do phạm vi đất bên dưới mũi cừ đã bị đánh toi do xói nước.
- Cần kiểm tra tính thông suốt của các ống phun, khả năng vận hành của cả hệ thống bằng việc phun thử trên mặt đất trước khi thi công hạ cừ. Áp lực nước kiểm tra không nên quá cao, vì có thể gây nguy hiểm do cừ bị hất văng lên.



Hình 1. Nguyên lý vận hành của phương pháp phun nước áp lực

Thiết bị thi công

+ Bơm tạo áp lực nước

Bơm tạo áp hiện tại đang dùng ở Việt Nam hầu hết có xuất xứ từ Nhật Bản và Trung Quốc. Lý tưởng nhất nên dùng loại bơm hồi chuyển (máy bơm kiểu xoay) cho mỗi ống phun. Bơm nên được lựa chọn theo yêu cầu áp lực phun (không kể tới mất mát ở đầu ống phun). Ở điều kiện địa chất gần sông rạch Tp. HCM, bơm lựa chọn có áp lực từ 15 ÷ 25 MPa là phù hợp (theo thực nghiệm hạ cừ BTCT DƯL có kết hợp phun xói nước của Dự án Thoát nước Thành phố Hồ Chí Minh, lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè).

Lưu lượng nước sẽ phụ thuộc vào loại đất: trong đất có tính thấm, yêu cầu lưu lượng nước cao (120 ÷ 250 lít/phút/ống) và áp lực nước thấp (khoảng 1 MPa); Trong khi đó, ở đất có tính sét, cần áp lực nước cao hơn (lớn hơn áp lực giới hạn của đất) và lưu lượng nước sẽ thấp hơn [2].

Chất lượng nước sẽ ảnh hưởng đến chất lượng bơm. Do vậy, lựa chọn bơm phải xét đến những ảnh hưởng của chất lượng nước sử dụng.

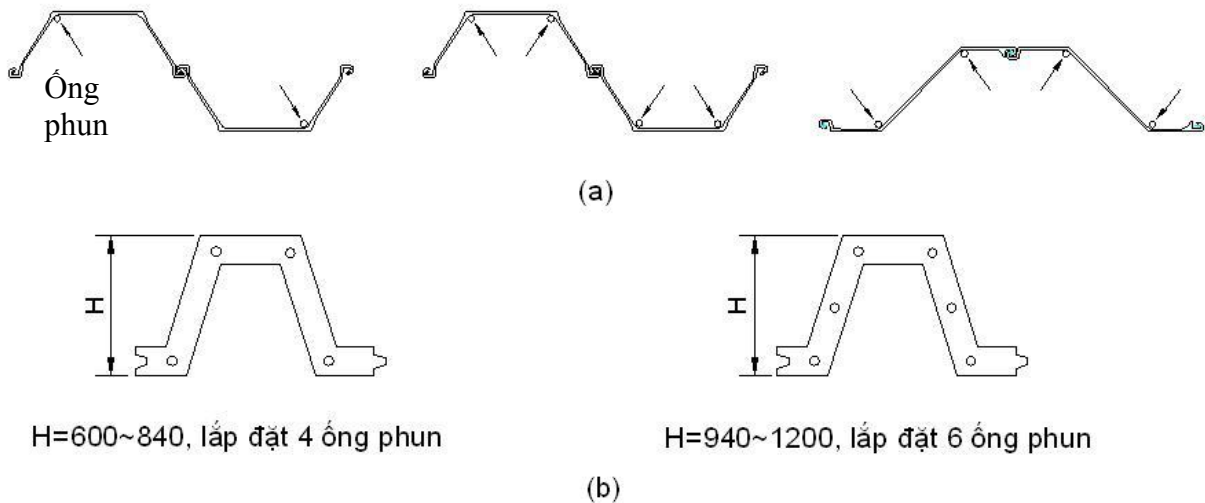
+ Bồn chứa nước

Nhiệm vụ của bồn chứa nước là đảm bảo duy trì một lượng nước cần thiết để quá trình thi công không bị gián đoạn. Bồn chứa nối giữa máy bơm cấp nước và máy bơm tạo áp. Bồn cần đặt gần vị trí hạ cừ để giảm mất mát lưu lượng nước cung cấp trong quá trình phun.

+ Ống phun nước áp lực

Ống phun được cấp nước bằng vòi nối từ bơm tạo áp, có thể làm bằng thép hay PVC đối với cừ ván BTCT DƯL loại tiết diện nhỏ vận hành với áp lực nước không cao. Đối với cừ ván BTCT DƯL loại tiết diện lớn dùng áp lực nước cao hay cừ ván thép, tuyệt đối phải dùng loại ống phun bằng thép.

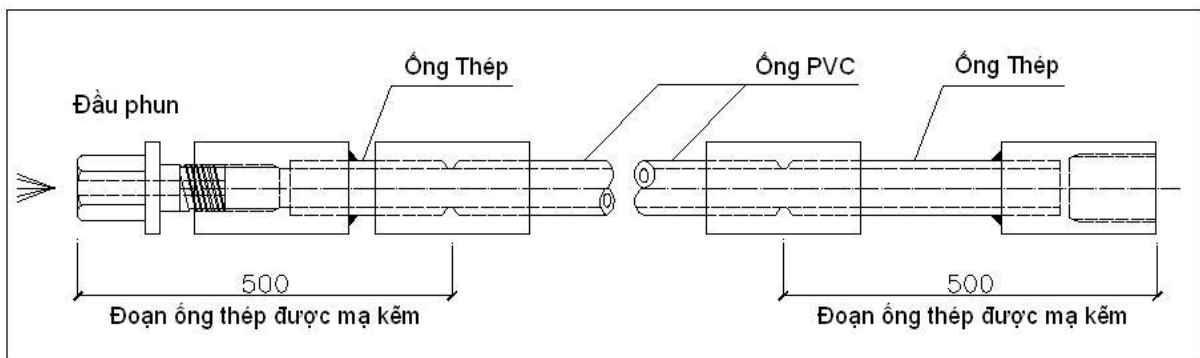
Số lượng ống phun tùy thuộc vào phạm vi phá hoại mong muốn ở mũi cừ, thông thường từ 2 đến 4 ống, có thể tăng thêm khi cần thiết. Vị trí bố trí ống phụ thuộc vào tiết diện cừ, phạm vi gây ảnh hưởng của tia nước và loại cừ. Đặc biệt, bố trí ống phun xói nước phải cân xứng để không làm xiên lệch cừ trong quá trình hạ. Cụ thể bố trí theo đề xuất trên hình 2, trong trường hợp chỉ dùng một ống phun xói thì đặt tại vị trí giữa cừ. Ống phun bằng thép phải được bọc nhựa bên ngoài hoặc được mạ kẽm để tránh bị ăn mòn khi cừ tiếp xúc thường xuyên trong nước. Nếu xét thấy mức độ ăn mòn không đáng kể thì không cần xét đến vấn đề này.



Hình 2. Bố trí ống phun nước áp lực cao
(a) Đối với cừ ván thép [2]; (b) Đối với cừ bê tông cốt thép DƯL [3]

Đường kính ống sử dụng từ $\varnothing 0,5 \div 1$ inch ($12,7 \div 25,4$ mm) với ống phun nước áp lực thấp từ 1,5 đến 4 MPa. Lượng nước tiêu thụ từ $120 \div 240$ lít/phút/ống. Đối với ống phun nước áp lực cao từ 25 đến 50 MPa, cần dùng loại ống thép dày 5 mm với đường kính $\varnothing 30$ mm có gắn đầu phun đặc biệt ở đầu ống (vị trí mũi cừ) với $\varnothing 1,5 \div 3$ mm. Lượng nước tiêu thụ cho mỗi ống từ $60 \div 120$ lít/phút/ống. Đầu ống phun nên đặt cao hơn mũi cừ từ 5 đến 10 mm đối với cừ ván thép để tránh những tác động bên ngoài ảnh hưởng tới chất lượng đường ống [2].

Đối với cừ BTCT DƯL loại chỉ tác dụng áp lực nước tương đối thấp, có thể sử dụng ống PVC như đã đề cập bên trên để giảm chi phí vật tư, cụ thể có cấu tạo như hình 3.



Hình 3. Một dạng cấu tạo ống phun bằng PVC

Một số điểm chú ý khi thi công hạ cừ ván kết hợp phương pháp phun nước áp lực

- Phun áp lực nước quá cao mà không đủ cơ sở xác định phạm vi ảnh hưởng của đất bị xói nước dễ gây tác động xấu cho các công trình lân cận, làm giảm sức chịu tải của đất nền gây lún công trình.
- Cần xác định cao độ dừng phun nước để cọc đến cao độ thiết kế đạt được sức chịu tải mong muốn. Phạm vi dừng phun trên lý thuyết cần xác định bằng mô hình thu nhỏ với loại địa chất công trình thực tế. Tuy nhiên, theo quan sát đo đạc thu thập từ một số công trình, có thể dừng phun nước ở khoảng $0,5 \div 1$ m so với cao độ thiết kế là đạt yêu cầu.

3. TỔNG KẾT MỘT SỐ CÔNG TRÌNH THI CÔNG BẰNG PP XÓI NƯỚC

Bảng 1 tổng hợp một số công trình sử dụng phương pháp hạ cừ ván thép của hãng Arcelor có kết hợp phun nước áp lực [2].

Bảng 1 – Một số công trình có sử dụng phương pháp phun nước áp lực

Số thứ tự	Thông số chung			Dự án			
	Nội dung chính	Tên	Đơn vị	Mittersheim	Strasbourg	Lyons	Toulouse
1	Đất nền	Mô tả chung	-	Đất sét, quá có kết nhe bên dưới độ sâu 5 m	Đất thạch anh Rhine (sỏi 0 - 60 mm với cuội > 100 mm, cấp hạng nghèo, không có cát hạt mịn. Được bao phủ bởi một lớp phù sa đã được bóc trần trong quá trình thi công. Mức nước ngầm ở 1,3 m bên dưới mặt đất tự nhiên	Cát và sỏi nén chặt, khả năng thấm vừa phải	Đất cát và sỏi được nén rất chặt với áp lực đo được từ 35 - 82 Mpa
2		Áp lực giới hạn của đất nền	Mpa	0,6 - 2,5	> 2 và < 4,7	> 5	35 - 82
3		Giới hạn nhão	%	50 - 60	-	-	-
4		Chỉ số dẻo		20 - 35	-	-	-
5		Lực dính	kPa	0 - 20	-	-	-
6	Cừ ván thép	Mô tả chung	-	Đóng cừ đôi	Đóng cừ đôi	-	-
7		Loại cừ ván	-	ARCELOR AZ18 và L3S	ARCELOR L4S và AZ26	ARCELOR PU20	ARCELOR L3S
8		Chiều dài cừ	m	9	14	13	10
9	Thiết bị thi công	Mô tả chung	-	Búa rung không thể tiếp tục ở khoảng 3,5 đến 4 m, phải dùng búa diesel để đóng tiếp tới chiều sâu yêu cầu	-	-	-
10		Búa rung thủy lực	-	ICE 416-L	ICE 416-L	PTC 30	PTC 60HD
11		Búa diesel	-	Delmag D22	-		
12	Nước áp lực	Bơm	-	Loại KSB nạp nước cho 2 và 4 ống phun, loại Piston nạp nước cho ống phun thứ 5	Loại KSB Multitec	-	GBE (20 lít/phút, áp lực cực đại 16 Mpa)
13		Số lượng ống phun	ống	2, 4 hoặc 5/cừ đôi	2 hoặc 4/cừ đôi	-	2/cừ đơn
14		Áp lực phun	MPa	0,5 - 1 (Đất bị phá hoại trong khoảng 1-2 cm trước mũi cừ)	0,8 (Tuy nhiên khoảng 10 cm dưới đầu ống phun áp lực đo được chỉ còn 0,1 Mpa, nguyên nhân do đất có tính thấm cao nên áp lực nước bị tiêu tán nhanh)	0.3	4
15		Lưu lượng nước	lít/phút/ống	250	130	300	10
16	Kết luận			Phun xói nước trong đất sét đã chứng tỏ có hiệu quả cao trong quá trình hạ cừ, rút ngắn thời gian thi công. Tuy nhiên, đất bị xáo trộn trong phạm vi cừ, làm cho mất mát ma sát từ 10% đến 40%	Phun trong đất rời, sỏi cải tiến khoảng 10 - 30% tốc độ hạ cừ, giảm kích thích rung từ 20 - 30%. Phương pháp này không là nguyên nhân làm giảm đồng thời các đặc tính cơ học của đất xung quanh (sức kháng hông, mũi); Tốc độ hạ cừ không thay đổi khi giảm kích thước của đầu ống phun để tăng áp lực nước. Nên hiệu quả chính của phun xói trong điều kiện này là lưu lượng nước.	Thi công trong điều kiện không tốt. Với cấp nước dài 110m là nguyên nhân dẫn đến mất mát lưu lượng nước. Ngoài ra, kích thước ống phun quá lớn với đường kính trong 35 mm và đường kính ngoài 46 mm	Thi công khả thi trong đất nền rất chặt với áp lực phun 4 Mpa và lưu lượng nước giới hạn 10 lít/phút/ống.

Nhận thấy rằng, đối với đất sét không quá cứng áp lực nước làm cho đất bị xáo trộn trước mũi và xung quanh cù, làm giảm khả năng chịu tải ở mũi và ma sát hông cù; Đối với đất cát rời và không quá chặt, hệ số thấm vừa phải, áp lực nước không là tác nhân chính hỗ trợ cho quá trình hạ cù mà chính là lưu lượng nước cung cấp (Lyons); còn đối với đất cát, sỏi đã bị nén rất chặt, hệ số thấm bé, thì áp lực nước lại là tác nhân chính hỗ trợ cho quá trình hạ cù (Toulouse). Tóm lại, tùy thuộc vào điều kiện địa chất và phương pháp hạ cù mà lựa chọn áp lực và lưu lượng nước phù hợp.

4. LỰA CHỌN ÁP LỰC PHUN VÀ LƯU LƯỢNG NƯỚC

Để lựa chọn được áp lực phun phù hợp, cần xác định được áp lực giới hạn của đất nền (thông số pl, kết quả thí nghiệm từ máy nén áp lực ngang Pressuremeter). Các thông số liên quan giữa các thí nghiệm SPT, CPT, Pressuremeter cho hai loại đất rời và dính có thể lựa chọn theo bảng 2, 3 [1]:

Bảng 2 – Thông số liên quan cho đất rời

SPT (N_{30})	CPT, q_s	Thí nghiệm Pressuremeter, pl	Trạng thái
-	MPa	MPa	-
< 4	2,5	< 0,2	Rất rời
4 ÷ 10	2,5 ÷ 7,5	0,2 ÷ 0,5	Rời
10 ÷ 30	7,5 ÷ 15	0,5 ÷ 1,5	Chặt vừa
30 ÷ 50	15 ÷ 25	1,5 ÷ 2,5	Chặt
> 50	> 25	> 2,5	Rất chặt

Bảng 3 – Thông số liên quan cho đất dính

SPT (N_{30})	CPT, q_s	Thí nghiệm Pressuremeter, pl	Trạng thái	Cường độ cắt không thoát nước
-	MPa	MPa	-	kPa
< 2	< 0,25	< 0,15	Rất mềm	< 20
2 ÷ 4	0,25 ÷ 0,5	0,15 ÷ 0,35	Mềm Mềm tới dẻo mềm	20 ÷ 40 40 ÷ 50
4 ÷ 8	0,5 ÷ 1,0	0,35 ÷ 1,55	Dẻo mềm Dẻo mềm tới dẻo cứng	50 ÷ 75 75 ÷ 100
8 ÷ 15	1,0 ÷ 2,0	0,55 ÷ 1,0	Dẻo cứng	100 ÷ 150
15 ÷ 30	2,0 ÷ 4,0	1,0 ÷ 2,0	Nửa cứng	150 ÷ 200
> 30	> 4,0	> 2,0	Cứng	> 200

Đối với điều kiện địa chất gần sông rạch Tp. HCM, tính từ mặt đất tự nhiên đến độ sâu khoảng 20 m, đối với tầng đất bùn sét, cường độ cắt không thoát nước lớn nhất khoảng 50 kPa; đối với tầng đất cát, chỉ số SPT lớn nhất khoảng 13 [4]. Tham khảo theo bảng trên, ta thấy áp lực nước cần dùng cho thi công phải lớn hơn 0,65 MPa. Trên thực tế thi công của Dự án Thoát nước Thành phố Hồ Chí Minh lưu vực Nhiều Lợc – Thị Nghè, đối với cù BTCT có tiết diện ngang lớn, để tăng nhanh tốc độ hạ cù, áp lực sử dụng thay đổi từ 5 ÷ 10 MPa, lưu lượng nước khoảng 80 – 100 lít/phút/ống tùy thuộc điều kiện địa chất cụ thể, áp lực thông thường là 5 MPa.

Từ những phân tích bên trên, 6 vấn đề cơ bản cần xem xét để đánh giá tính khả thi khi sử dụng phương pháp phun nước áp lực:

- Đối với đất sét không quá cứng, chọn áp lực nước cao và lưu lượng nước vừa phải; Đối với đất cát không quá chặt, hệ số thấm vừa phải, chọn áp lực nước thấp và lưu lượng nước cao; Đối với đất cát rất chặt, hệ số thấm rất bé, chọn áp lực nước cao và lưu lượng nước thấp.
- Áp lực phun có thể lựa chọn theo áp lực giới hạn của đất nền (thông số pl) tham khảo từ bảng 2 và 3.

- Lưu lượng nước lựa chọn tham khảo từ một số công trình đã phân tích, có thể lấy từ 100 ÷ 250 lít/phút/ống đối với đất cát chặt vừa hay đất sét không quá cứng. Khi thi công ở khu vực có nước ngầm cao thì chọn lưu lượng nước thấp lại; lấy lưu lượng nước nhỏ hơn 80 lít/phút/ống đối với đất cát, sỏi bị nén rất chặt có hệ số thấm rất bé. Lưu ý, lưu lượng nước sẽ thay đổi tăng giảm trong quá trình thi công cho phù hợp với điều kiện thực tế.
- Thiết kế bố trí ống phun phải đối xứng để tránh bị xiên lệch trong quá trình hạ cừ. Cao độ đầu ống phun phải cao hơn cao độ mũi cừ từ 5 ÷ 10 mm (đối với cừ ván thép).
- Đánh giá khả năng ảnh hưởng của phương pháp phun xói nước với các công trình lân cận.
- Việc chọn loại búa hạ cừ cũng quan trọng không kém. Cần chú ý, búa đóng phù hợp với loại đất cứng khi cần hạ cừ xuống sâu. Tuy nhiên, gây ra chấn động lớn không phù hợp với những khu vực nhạy cảm như khu dân cư, di tích lịch sử, ...; với búa rung, phù hợp với dạng đất rời hoặc sét mềm, có thể giảm chấn động nếu chọn được loại thiết bị phù hợp; với búa ép, phù hợp với đất sét, không có hiệu quả với đất cát chặt nếu không được hỗ trợ bằng khoan xoắn ruột gà hoặc phun nước áp lực. Đây là phương pháp thi công giảm tối thiểu những tác động đến môi trường bên ngoài, phù hợp ở những khu vực nhạy cảm.

5. NHẬN XÉT

Những phân tích trên cho thấy hạ cừ kết hợp hỗ trợ bằng phương pháp phun nước áp lực mang lại hiệu quả cao về kinh tế, rút ngắn thời gian thi công, và giảm tác hại quá mức từ thiết bị hạ cừ lên đầu cừ. Đối với địa chất khu vực gần sông rạch Tp. HCM, thi công với áp lực nước từ 5 – 10 MPa và lưu lượng nước từ 80 – 100 lít/phút/ống mang lại hiệu quả do địa chất phức tạp gồm nhiều lớp cát và sét mềm đan xen nhau. Trong thực tế thi công, áp lực nước cũng như lưu lượng sẽ thay đổi tăng hoặc giảm cho phù hợp với từng khu vực địa chất để cừ được hạ xuống một cách thuận lợi nhất.

Để đánh giá tính khả thi khi sử dụng phương pháp phun nước áp lực hỗ trợ công tác hạ cừ, cần tham khảo 6 vấn đề cơ bản trình bày bên trên để có những nhận định phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ARCELOR RPS, *Piling Handbook*, 8th Edition, Jan 2005.
- [2] ARCELOR, *Steel Sheet Piling – Jetting-Assisted Sheet Pile Driving*.
- [3] CSCEC, *Method Statement of Driving PC Sheet Pile*, Rehabilitation of NL – TN Project.
- [4] CSCEC, *Geotechnical Investigation Report*, 8 June 2007, Rehabilitation of NL – TN Project.
- [5] NASSPA Best Practices, *Sheet Piling Installation Guide*, 2005.
- [6] Walter Alex Smith, *Jetting Techniques for Pile Installation and Environmental Impact Minimization*, Master of Science Thesis.